

Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 52, No 2 (2001)



Storage stability of vacuum-packaged hot-smoked Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets: color and texture aspects

A. ELEFThERiADOU (Α. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΟΥ), K. VARELTZIS (Κ. ΒΑΡΕΛΤΖΗΣ), I. AMVROSIADIS (Ι. ΑΜΒΡΟΣΙΑΔΗΣ), S. GEORGAKIS (ΣΠ. ΓΕΩΡΓΑΚΗΣ)

doi: [10.12681/jhvms.15415](https://doi.org/10.12681/jhvms.15415)

Copyright © 2018, A ELEFThERiADOU, K VARELTZIS, I AMVROSIADIS, S GEORGAKIS



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

To cite this article:

ELEFThERiADOU (Α. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΟΥ) A., VARELTZIS (Κ. ΒΑΡΕΛΤΖΗΣ) K., AMVROSIADIS (Ι. ΑΜΒΡΟΣΙΑΔΗΣ) I., & GEORGAKIS (ΣΠ. ΓΕΩΡΓΑΚΗΣ) S. (2018). Storage stability of vacuum-packaged hot-smoked Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets: color and texture aspects. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 52(2), 119–125. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15415>

Μεταβολή του χρώματος και της σύστασης καπνιστών φιλέτων πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*), κατά τη συντήρησή τους υπό κενό

A. Ελευθεριάδου¹, Κ. Βαρελτζής², Ι. Αμβροσιάδης² και Σπ. Γεωργιάκης²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Η ερευνητική αυτή εργασία είχε ως σκοπό τη διερεύνηση της δυνατότητας παραγωγής καπνιστών φιλέτων πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) με έναν ικανοποιητικό ερυθρό χρωματισμό και καλή συνοχή και σύσταση καθώς και των προβλημάτων που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της συντήρησης των ετοιμών προϊόντων και σχετίζονται με τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Παρήχθησαν φιλέτα με και χωρίς δέρμα, τα οποία αφού αλατίστηκαν και καπνίστηκαν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες συσκευάστηκαν υπό κενό και συντηρήθηκαν για 120 ημέρες στους 2 °C. Οι εξετάσεις των ετοιμών προϊόντων έγιναν αμέσως μετά την παραγωγή και επαναλήφθηκαν την 45η, 75η και 120η ημέρα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν, μεταξύ των φιλέτων με δέρμα και χωρίς δέρμα δεν παρατηρήθηκε καμιά σημαντική διαφορά ως προς την περιεκτικότητά τους σε καροτένια και ρετινόλη. Από 0,4-0,5 και 0,08-0,10 μg/g που ήταν αυτή αντίστοιχα την 1η ημέρα μειώθηκε σε 0,2 και 0,04 μg/g την 45η και στη συνέχεια παρέμεινε αμετάβλητη μέχρι το τέλος της συντήρησης. Οι τιμές όμως αυτές απεδείχθησαν επαρκείς γιατί η ένταση του ερυθρού τόνου (τιμή a*) παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Η τιμή L* αντίθετα μειώθηκε μέχρι την 75η ημέρα και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερή.

Μεταξύ των φιλέτων με δέρμα και χωρίς δέρμα σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στο χρώμα της εξωτερικής τους επιφάνειας. Τόσο η τιμή L*, όσο και η τιμή a*, ήταν μικρότερες στα φιλέτα χωρίς δέρμα και αυτό πιθανόν οφείλεται στην εντονότερη αφυδάτωση και απορρόφηση των συστατικών του καπνού. Η φιλετοποίηση της πρώτης ύλης πριν από την επεξεργασία της είχε επίσης ως αποτέλεσμα την παντελή αποφυγή του φαινομένου της ρηγμάτωσης της σάρκας του ετοιμού προϊόντος και την ανάπτυξη μιας ικανοποιητικής σύστασης, η οποία παρέμεινε σταθερή σε όλη τη διάρκεια της συντήρησης.

Λέξεις ευρετηρίασης: Καπνιστή πέστροφα, συντήρηση, χρώμα, σύσταση.

ABSTRACT. Eleftheriadou A, Vareltzis K¹, Ambrosiadis I, Georgakis Sp. Storage stability of vacuum-packaged hot-smoked Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets: color and texture aspects. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* 2001, 52(2):119-125. The aim of this research was to investigate some problems related to Rainbow trout's (*Oncorhynchus mykiss*) hot-smoking process as well as the color texture evaluation of the final product. The skin-on and skin-off fillets were hot-smoked and kept in vacuum-packed storage at 2 °C ± 0.1. Color and texture measurements and biochemical analysis were carried out during 120 days of storage on days 1, 45, 75 and 120. The results have showed no significant differences between skin-on and skin-off fillets in carotenoids and retinol content. These values were reduced from 0,4-0,5 and 0,08-0,10 mg/g (1st day) to 0,2 and 0,04 mg/g by day 45 respectively. Thereafter they remained unchanged until the end of the storage. However, they were proved sufficient for the stability of the red color of the final product, as the a* value remained fairly constant, during the whole storage period. Significant differences between skin-on and skin-off fillets were observed in their external surface color. Both L* and a* values were lower in skin-off fillets and this is probably attributed to the more intense dehydration and absorption of the smoke constituents in these fillets. Moreover, the filleting of raw material before processing, resulted in both complete absence of fishgapping in the endproduct and satisfactory texture, which remained the same during the whole storage period.

¹Εργαστήριο Τεχνολογίας Τροφίμων, Τομέας Ζωικής Παραγωγής Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης

²Εργαστήριο Τεχνολογίας Προϊόντων Ζ.Π., Τμήμα Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ.

¹Laboratory of Food Technology of Animal Production, Dept of Animal Production, Technological Education Institute (T.E.I.) of Thessaloniki.

²Laboratory of Technology of Food of Animal Origin, Faculty of Veterinary Medicine, Aristotle University of Thessaloniki.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την παραγωγή και τη συντήρηση των καπνιστών φιλέτων πέστροφας τα δύο σημαντικότερα προβλήματα που παρατηρούνται είναι η μεταβολή της δομής-υφής της σάρκας τους και η δυσκολία για τη δημιουργία ενός ευχάριστου ανοικτού ερυθρού χρώματος, ικανού να διατηρείται αναλλοίωτο σ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης.

Το ερυθρό χρώμα της σάρκας των προϊόντων αυτών, όπως και όλων των σολομοειδών, αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά ποιοτικά κριτήρια για τον καταναλωτή¹. Το χρώμα αυτό οφείλεται στην παρουσία διαφόρων καροτενοειδών στο μυϊκό ιστό, όπως, για παράδειγμα, είναι η ασταξανθίνη (3,3'-dihydroxy-β,β-carotene-4,4'-dione)^{2,3,4,5}, η οποία στον άγριο σολομό είναι σχεδόν αποκλειστικά υπεύθυνη για το χρωματισμό της σάρκας του^{1,6,7}. Επειδή όμως οι ιχθύες δεν μπορούν από μόνοι τους να συνθέσουν καροτενοειδή, ο χρωματισμός των ιστών τους επιτυγχάνεται με τη χορήγησή σ' αυτούς, με το σιτηρέσιο των ουσιών αυτών^{8,9,10}. Έτσι σε σολομούς εκτροφής χρησιμοποιήθηκε για το χρωματισμό της σάρκας τους ασταξανθίνη από παραπροϊόντα γαρίδας (κελύφη) και συνθετική κανθαξανθίνη (β,β-carotene-4,4'-dione)^{11,12}. Όμως κατά την επεξεργασία των σολομοειδών με αλάτιση και κάπνιση και στη συνέχεια τη συντήρηση των προϊόντων που παράγονται υπό ψύξη ή κατάψυξη, συχνά παρατηρείται αποχρωματισμός της επιφάνειας των φιλέτων σε τέτοιο βαθμό που το προϊόν δεν γίνεται αποδεκτό από τον καταναλωτή^{8,9,13,14,15,16,17}. Η πιθανότερη αιτία του φαινομένου αυτού είναι οξειδωτικές εξεργασίες που επιταχύνονται από την παρουσία οξυγόνου και φωτός^{9,18}. Στην ένταση δε και στην ταχύτητα εμφάνισης των μεταβολών αυτών, σημαντικό ρόλο παίζει η μέθοδος αλάτισης, αποξηράνσης και κάπνισης των φιλέτων. Ένα άλλο σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό των καπνιστών φιλέτων είναι η δομαιοσθησία τους. Αυτή, εκτός από τη λιποπεριεκτικότητα της σάρκας του ψαριού, μπορεί να επηρεασθεί και από τη μέθοδο παραγωγής. Σύμφωνα με το συνηθέστερο τρόπο επεξεργασίας τους, οι ιχθύες αλατίζονται και καπνίζονται με το δέρμα, το οποίο στη συνέχεια αφαιρείται. Η μέθοδος αυτή όμως, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της σχετικά χαμηλής υγρασίας που επικρατούν στο εσωτερικό των θαλάμων επεξεργασίας, μπορεί να οδηγήσει σε συρρίκνωση του δέρματος κατά το στάδιο του ψησίματος και εμφάνιση ρηγμάτωσης στη σάρκα, με αποτέλεσμα την παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων.

Επειδή λοιπόν ο χρωματισμός των φιλέτων έχει ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο για την εμπορία αλλά και από τεχνολογικής πλευράς, έγινε η εργασία αυτή με τη σκέψη να διερευνηθεί η δυνατότητα σταθεροποίησης του χρώματος του τελικού προϊόντος τόσο κατά τη διάρκεια της αλάτισης και της κάπνισής τους, όσο και κατά τη συντήρησή τους υπό κενό. Ταυτόχρονα μελετήθηκε η επίδραση του τρόπου προετοιμασίας των ιχθύων και των συνθηκών παραγωγής στη δομή και τη συνοχή των έτοιμων καπνιστών φιλέτων.

Πίνακας 1. Συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων παραγωγής (αλάτιση, αφυδάτωση και κάπνιση) των καπνιστών φιλέτων πέστροφας.

Table 1. Temperature and humidity conditions during the different production steps (salting, drying and smoking) of smoked rainbow-trout fillets.

Στάδιο παραγωγής	Θερμοκρασία	Υγρασία	Χρόνος
Αλάτιση (8% NaCl, 2% Ζάχαρη, 200 ppm -NO ₃)	4° C	—	2,5 h
Αποξηράνση (αφυδάτωση)	60-65° C	35%	45 min
Κάπνιση	80° C	60%	50-55 min

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σε 10 πειραματισμούς, κατά τους οποίους παρήχθησαν καπνιστά φιλέτα πέστροφας, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 300 Kg νωπής πέστροφας ιχθυοτροφείου. Οι νωποί ιχθύες, μετά την παραλαβή και την άφιξή τους στο εργαστήριο, πλύνονταν με άφθονο νερό βρύσης, απομακρύνονταν τα σπλάχνα και το κεφάλι και παρασκευάζονταν τα φιλέτα. Ακολουθούσε αλάτιση και κάπνιση των φιλέτων, σε συνθήκες που περιγράφονται αναλυτικά στον πίνακα 1. Αξίζει να σημειωθεί πως οι συνθήκες αυτές επιλέχθηκαν ύστερα από σειρά πειραματισμών με διαφορετικούς συνδυασμούς αλάτισης, κάπνισης και αφυδάτωσης με κριτήριο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ετοιμών προϊόντων. Από τα μισά φιλέτα το δέρμα απομακρυνόταν αμέσως μετά την αλάτιση, ενώ από τα υπόλοιπα μετά την κάπνιση και την ψύξη τους. Στη συνέχεια τα έτοιμα προϊόντα συσκευάζονταν υπό κενό και συντηρούνταν στους 2° C. Οι εξετάσεις, για την εκτίμηση της ποιότητας των ετοιμών φιλέτων, γίνονταν μια ημέρα μετά την κάπνιση και επαναλαμβάνονταν την 45η, την 75η, και την 120η ημέρα. Η εκτίμηση του χρώματος και της σύστασης, καθώς και η συγκέντρωση των καροτενοειδών, της ρετινόλης και των νιτροδών στα έτοιμα προϊόντα, γίνονταν με τις παρακάτω εξετάσεις:

Η μέτρηση του χρώματος της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας των καπνιστών φιλέτων γίνονταν με τη χρησιμοποίηση τριαδικού φωτοηλεκτρικού χρωματομέτρου (Hunter Color Difference Meter, Reston, VA, U.S.A.). Με το όργανο αυτό υπολογίζονταν οι τιμές L*, a* και b*. Η τιμή L* χαρακτηρίζει τη φωτεινότητα του δείγματος, ενώ οι τιμές a* και b* δηλώνουν την κόκκινη και κίτρινη απόχρωση αντίστοιχα¹⁹. Η εξέταση επαναλαμβάνονταν 10 φορές σε κάθε δείγμα και ως τελική τιμή λαμβανόταν ο αριθμητικός μέσος όρος των 10 μετρήσεων. Στα νωπά φιλέτα, αντίθετα, οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν 30 φορές. Η σχέση της τιμής a* προς b* εκφράζει την απόχρωση του χρώματος του δείγματος⁸.

Ο προσδιορισμός των καροτενίων και της ρετινόλης γίνονταν ως εξής²⁰: Ποσότητα 1 g ομοιογενοποιημένου

δείγματος τοποθετούνταν σε εσμιρυσμένη κωνική φιάλη των 50 ml με πώμα και προσθέτονταν 2-3g άνυδρου θειικού νατρίου και 100 mg ασκορβικού οξέος. Γίνονταν πολύ καλή ανάμιξη και μετά την αφυδάτωση το μίγμα υδρόλυταν με 3 ml διαλύματος 20% KOH σε μεθανόλη. Μετά την υδρόλυση, το δείγμα παρέμενε σε σκοτεινό χώρο και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 24 h. Ακολουθούσε στη συνέχεια τριπλή εκχύλιση του με 3 ml εξανίου και διήθηση του εκχυλίσματος, η εξάτμιση του εξανίου με τη βοήθεια αζώτου και η μέτρηση της απορρόφησης σε φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης (Varian Super Scan 2) και σε μήκος κύματος 450 nm για τα καροτενία και 325 nm για τη ρετινόλη, αφού προηγουμένως στο δείγμα προσθέτονταν 3 ml αιθανόλης υψηλής καθαρότητας.

Η εκτίμηση της σύστασης γίνονταν με τον προσδιορισμό της σκληρότητας της σάρκας των καπνιστών φιλέτων που στηρίχθηκε στη μέτρηση της τιμής διάτμησης. Οι μετρήσεις αυτές γίνονταν 10 φορές για κάθε δείγμα με ειδικό δυναμόμετρο (Chatillon, The G-R Elec. MFG. CA. U.S.A.) και ως τελική τιμή λαμβάνονταν ο μέσος όρος των επί μερους τιμών.

Ο προσδιορισμός του νιτρώδους νατρίου, σύμφωνα με τη μέθοδο του Οργανισμού Διεθνών Σταθεροτύπων (ISO) No 2918-1975. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο σχηματισμό ειδικών εγχρώμων παραγώγων και το φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό τους σε μήκος κύματος 538 nm (φασματοφωτόμετρο Bausch & Lomb, Spectronic 70).

Τέλος η οργανοληπτική αξιολόγηση που αφορούσε το χυμώδες και τη σύσταση του ετοιμίου προϊόντος γίνονταν από ομάδα 8 εκπαιδευμένων δοκιμαστών. Για την εκτίμηση των παραπάνω χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκε κλίμακα 7 σημείων. Αξιολόγηση με 1 υποδείκνυε στεγνό και μαλακό έως εύθρυπτο προϊόν. Αντίθετα, όταν αυτό έπαιρνε το βαθμό 7, το χυμώδες ήταν έντονο και η σύσταση του πολύ σκληρή.

Κατά τη στατιστική ανάλυση, οι συγκρίσεις μεταξύ ανεξαρτήτων δειγμάτων έγιναν με τη χρήση του t-test, ενώ για περισσότερα των δύο δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA - Analysis of Variance). Για τη σύγκριση των επιμέρους διαφορών χρησιμοποιήθηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά (Least Significant Difference LSD). Όλοι δε οι υπολογισμοί και οι γραφικές παραστάσεις έγιναν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows, Ver. 6.1 (1995).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

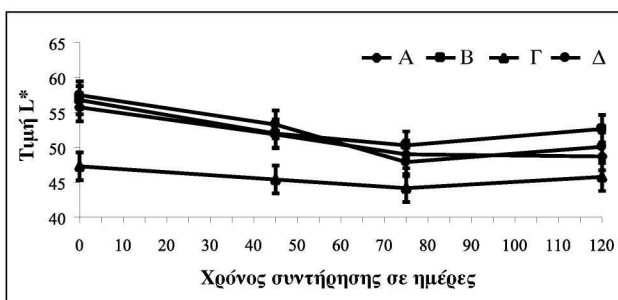
Τα αποτελέσματα των εξετάσεων που αναφέρονται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της νωπής πέστροφας φαίνονται στον πίνακα 2. Το pH κυμάνθηκε φυσιολογικά περί το 6,20 και κατά τη χημική ανάλυση τα ποσοστά της υγρασίας του λίπους και των πρωτεϊνών ήταν αντίστοιχα 76,89, 4,27 και 18,35. Κατά τη μέτρηση του χρώματος των

Πίνακας 2. Αποτελέσματα φυσικοχημικών και βιοχημικών εξετάσεων των νωπών φιλέτων πέστροφας.

Table 2. Results of the physicochemical and biochemical examinations of fresh trout fillets.

Νωπή πρώτη ύλη	\bar{X}	S.D.	Ελάχιστο	Μέγιστο
pH	6,20	0,07	6,12	6,31
Έξω τιμή L*	60,56	3,08	55,2	64,6
Έξω τιμή α*	7,31	2,13	4,4	11,7
Έσω τιμή L*	61,24	4,09	56,1	66,1
Έσω τιμή α*	15,55	6,84	5,6	22,7
Νιτρώδη ppm	1,00	0,01	1,0	1,0
Καροτένια µg/g	0,03	0,01	0,015	0,042
Ρετινόλη µg/g	0,07	0,02	0,026	0,091

όπου: S.D.=τυπική απόκλιση, n=30.



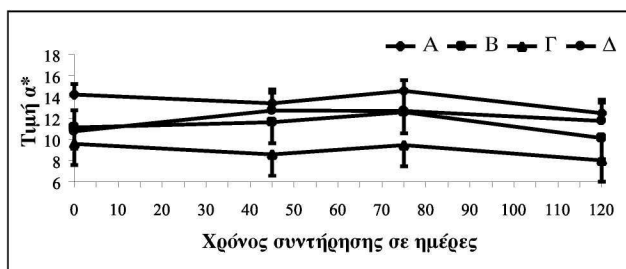
Διάγραμμα 1. Μεταβολή της τιμής L* του χρώματος καπνιστών φιλέτων πέστροφας κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους επί 120 ημέρες στους +2°C. (όπου: A = Έξω επιφάνεια με δέρμα, B = Έσω επιφάνεια με δέρμα, Γ = Έξω επιφάνεια χωρίς δέρμα, Δ = Έσω επιφάνεια χωρίς δέρμα) (Οι κάθετες γραμμές δηλώνουν τυπική απόκλιση για επίπεδο σημαντικότητας P<0,05).

Figure 1. Changes of the L* value of smoked trout fillets during storage at 2°C for 120 days.

(A = external surface with skin, B = internal surface with skin, Γ = external surface without skin, Δ = internal surface without skin, Vertical bars indicate standard deviation in the p<0,05 level).

φιλέτων διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειάς τους. Η τιμή α* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην εσωτερική επιφάνεια σε αντίθεση με την τιμή L*, η οποία δεν παρουσίαζε σημαντική διαφορά σε σύγκριση πάντα με τις αντίστοιχες τιμές της εξωτερικής επιφάνειας. Τέλος, η τιμή των καροτενίων και της ρετινόλης ήταν 0,03 µg/g και 0,07 µg/g αντίστοιχα.

Στο διάγραμμα 1 φαίνεται η μεταβολή της τιμής L* (Lightness=φωτεινότητα) της έσω και της έξω επιφάνειας των φιλέτων καπνιστής πέστροφας κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους επί 120 ημέρες στους 2°C. Οι μετρήσεις αναφέρονται στα φιλέτα που παράχθηκαν με δέρμα και χωρίς δέρμα. Σε κάθε περίπτωση όμως, το δέρμα αφαιρούνταν όπως προαναφέραμε, πριν από τη συσκευα-

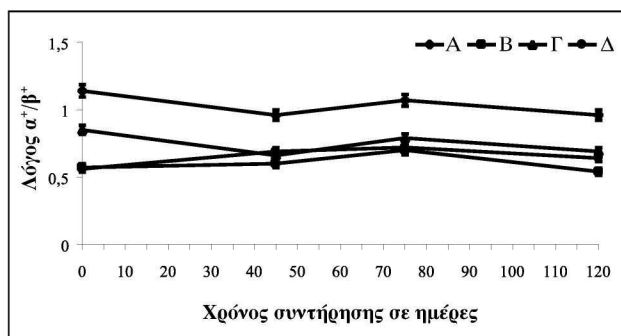


Διάγραμμα 2. Μεταβολή της τιμής a^* του χρώματος καπνιστών φιλέτων πέστροφας κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους επί 120 ημέρες στους $+2^\circ\text{C}$. (όπου : A = Έξω επιφάνεια με δέρμα, B = Έσω επιφάνεια με δέρμα, Γ = Έξω επιφάνεια χωρίς δέρμα, Δ = Έσω επιφάνεια χωρίς δέρμα) (Οι κάθετες γραμμές δηλώνουν τυπική απόκλιση για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$)

Figure 2. Changes of the a^* value of smoked trout fillets during storage at 2°C for 120 days. (A = external surface with skin, B = internal surface with skin, Γ = external surface without skin, Δ = internal surface without skin, Vertical bars indicate standard deviation in the $p < 0,05$ level).

σία του ετοιμού προϊόντος. Η τιμή L^* των φιλέτων με δέρμα κυμάνθηκε στην έξω επιφάνεια από 55,73 (0η ημέρα) έως 48,70 (120η ημέρα) στη δε εσωτερική από 56,75 (0η ημέρα) έως 52,63 (120η ημέρα). Στα φιλέτα χωρίς δέρμα η τιμή L^* στην εξωτερική επιφάνεια κυμάνθηκε από 47,28 (0η ημέρα) έως 45,76 (120η ημέρα) στη δε εσωτερική από 57,46 (0η ημέρα) έως 50,09 (120η ημέρα). Όλες αυτές οι μειώσεις θεωρούνται στατιστικά σημαντικές ($P < 0,05$). Η εξωτερική, τέλος, επιφάνεια των φιλέτων με δέρμα παρουσίασε μια σημαντικά μεγαλύτερη τιμή L^* , τόσο αμέσως μετά την παραγωγή όσο και καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησής τους, σε σύγκριση με την τιμή των φιλέτων που καπνίστηκαν μετά την αφαίρεση του δέρματος.

Στο διάγραμμα 2 φαίνεται η μεταβολή της τιμής a^* (Redness=ερυθρότητα) της έσω και της έξω επιφάνειας των φιλέτων καπνιστής πέστροφας (με και χωρίς δέρμα) κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους επί 120 ημέρες στους 2°C . Στα φιλέτα με δέρμα η τιμή a^* κυμάνθηκε στην εξωτερική επιφάνεια από 14,21 (0η ημέρα) έως 12,46 (120η ημέρα), ενώ στην εσωτερική από 11,12 (0η ημέρα) έως 10,12 (120η ημέρα). Στα φιλέτα χωρίς δέρμα η τιμή a^* στην εξωτερική επιφάνεια κυμάνθηκε από 9,57 (0η ημέρα) έως 8,01 (120η ημέρα) και στην εσωτερική από 10,74 (0η ημέρα) έως 11,73 (120η ημέρα). Όλες αυτές οι μειώσεις δεν θεωρούνται στατιστικά σημαντικές ($P > 0,05$). Έντονες όμως διαφορές διαπιστώνονται μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας των φιλέτων με δέρμα, με την τιμή a^* να είναι μεγαλύτερη στην εξωτερική επιφάνεια και τη διαφορά αυτή να διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της συντήρησής τους. Σε σύγκριση επίσης των τιμών a^* της εξωτερικής επιφάνειας των φιλέτων, παρατηρήθηκε επίσης μια στατιστικώς σημαντική ($P < 0,05$) μεγαλύτερη τιμή a^* στα φιλέτα με δέρμα από τα χωρίς δέρμα.



Διάγραμμα 3. Μεταβολή της τιμής a^*/b^* των καπνιστών φιλέτων πέστροφας κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους επί 120 ημερών στους $+2^\circ\text{C}$. (όπου : A = Έξω επιφάνεια με δέρμα, B = Έσω επιφάνεια με δέρμα, Γ = Έξω επιφάνεια χωρίς δέρμα, Δ = Έσω επιφάνεια χωρίς δέρμα) (Οι κάθετες γραμμές δηλώνουν τυπική απόκλιση για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$)

Figure 3. Changes of the a^*/b^* value of smoked trout fillets during storage at 2°C for 120 days. (A = external surface with skin, B = internal surface without skin, Γ = external surface without skin, Δ = internal surface without skin, Vertical bars indicate standard deviation in the $p < 0,05$ level).

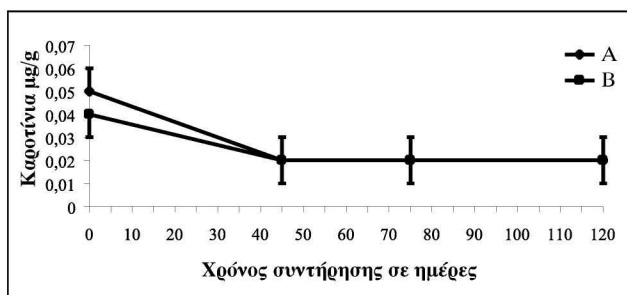
λύτερη τιμή a^* στα φιλέτα με δέρμα από τα χωρίς δέρμα.

Η μεταβολή της τιμής a^*/b^* (απόχρωση), όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3, κυμάνθηκε στην εξωτερική επιφάνεια των φιλέτων με δέρμα από 1,14 (0η ημέρα) έως 0,96 (120η ημέρα), στη δε εσωτερική από 0,57 (0η ημέρα) έως 0,54 (120η ημέρα). Στα καπνιστά φιλέτα χωρίς δέρμα, οι τιμές a^*/b^* κυμάνθηκαν στην έξω επιφάνεια από 0,85 (0η ημέρα) έως 0,69 (120η ημέρα) και στην έσω από 0,56 (0η ημέρα) έως 0,64 (120η ημέρα). Οι διαφορές αυτές ήταν στατιστικά σημαντικές ($P < 0,05$) τόσο μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας των φιλέτων όσο και μεταξύ των φιλέτων με δέρμα και χωρίς δέρμα.

Η συγκέντρωση των καροτενίων και της ρετινόλης (διάγραμμα 4 και 5), μειώθηκε τόσο στα φιλέτα με δέρμα όσο και στα χωρίς δέρμα από 0,05-0,04 $\mu\text{g/g}$ και 0,10-0,08 $\mu\text{g/g}$ που ήταν αντίστοιχα την 0η ημέρα στα 0,02 $\mu\text{g/g}$ και 0,05 $\mu\text{g/g}$ την 45η ημέρα. Η μείωση αυτή θεωρείται στατιστικώς σημαντική ($P < 0,05$). Από την ημέρα όμως αυτή και μέχρι το τέλος της συντήρησής τους η συγκέντρωσή τους παρέμεινε σταθερή.

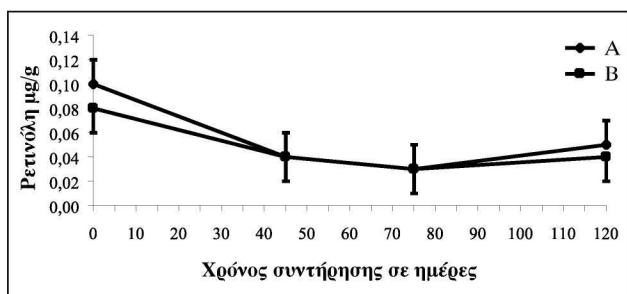
Η τιμή διάτμησης των καπνιστών φιλέτων όπως φαίνεται από το διάγραμμα 6, μεταβλήθηκε ελάχιστα κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Αυτή κυμάνθηκε από 0,63 kg και 0,70 kg για τα φιλέτα με δέρμα και χωρίς δέρμα έως 0,72 kg και 0,77 kg αντίστοιχα. Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι οι τιμές διάτμησης των φιλέτων με δέρμα ήταν μικρότερες από αυτές των φιλέτων χωρίς δέρμα και η διαφορά αυτή ήταν σημαντική ($P < 0,05$).

Στο διάγραμμα 7 φαίνεται η μεταβολή της συγκέντρωσης του νιτρώδους νατρίου στα φιλέτα με και χωρίς δέρμα



Διάγραμμα 4. Μεταβολή της συγκέντρωσης των καροτενίων των καπνιστών φιλέτων πέστροφας, με δέρμα (Α) και χωρίς δέρμα (Β), κατά τη συντήρησή τους για 120 ημέρες στους 2°C. (Οι κάθετες γραμμές δηλώνουν τυπική απόκλιση για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$)

Figure 4. Changes of the carotenoids content of smoked trout fillets with (A) and without (B) skin during storage at 2°C for 120 days. (Vertical bars indicate standard deviation in the $p < 0,05$ level).



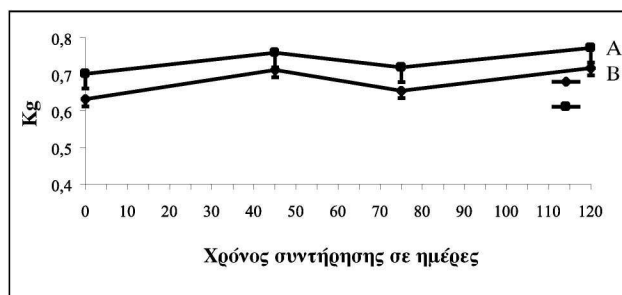
Διάγραμμα 5. Μεταβολή της συγκέντρωσης της Ρετινόλης των καπνιστών φιλέτων πέστροφας, με δέρμα (Α) και χωρίς δέρμα (Β), κατά τη συντήρησή τους για 120 ημέρες στους 2°C. (Οι κάθετες γραμμές δηλώνουν τυπική απόκλιση για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$)

Figure 5. Changes of retinol content of smoked trout fillets with (A) and without (B) skin during storage at 2°C for 120 days. (Vertical bars indicate standard deviation in the $p < 0,05$ level).

κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους επί 120 ημέρες στους 2°C. Παρατηρήθηκε μια στατιστικώς σημαντική μείωση της τιμής του από 35,22 και 34,35 ppm που ήταν την 1η ημέρα στα φιλέτα με και χωρίς δέρμα αντίστοιχα, σε τιμές 11,9 και 9,10 ppm την 120η ημέρα. Σε σύγκριση της τιμής του νιτρώδους νατρίου των καπνιστών φιλέτων με και χωρίς δέρμα, διαπιστώθηκε από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, μια σημαντική διαφορά μεταξύ τους μόνο κατά την 120η ημέρα της συντήρησης ($P < 0,05$).

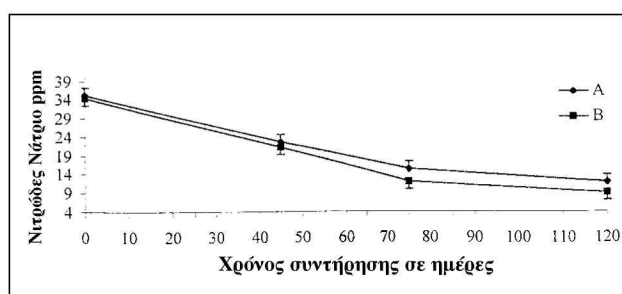
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι Skrede και Storebakken^{1,21,22}, καθώς και οι Skrede και συν.¹⁰ και Hong και Storebakken⁸, αναφέρουν ότι η μέτρηση του χρώματος με τον προσδιορισμό των τιμών L^* , a^* και b^* δίνει αποτελέσματα που έχουν πολύ μεγάλη συ-



Διάγραμμα 6. Μεταβολή της τιμής διάτμησης των καπνιστών φιλέτων πέστροφας, με δέρμα (Α) και χωρίς δέρμα (Β), κατά τη συντήρησή τους για 120 ημέρες στους 2°C. (Οι κάθετες γραμμές δηλώνουν τυπική απόκλιση για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$)

Figure 6. Changes of the shear force value (in Kg) of smoked trout fillets with (A) and without (B) skin during storage at 2°C for 120 days. (Vertical bars indicate standard deviation in the $p < 0,05$ level).



Διάγραμμα 7. Μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρώδων των καπνιστών φιλέτων πέστροφας, με δέρμα (Α) και χωρίς δέρμα (Β), κατά τη συντήρησή τους για 120 ημέρες στους 2°C. (Οι κάθετες γραμμές δηλώνουν τυπική απόκλιση για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$)

Figure 7. Changes of nitrite content of smoked trout fillets with (A) and without (B) skin during storage at 2°C for 120 days. (Vertical bars indicate standard deviation in the $p < 0,05$ level).

σχέτιση με τις δοκιμές με τις αισθήσεις και ότι το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για την πρόβλεψη της συγκέντρωσης των καροτενοειδών στη σάρκα του σολομού και της ιριδιζουσας πέστροφας.

Από τα αποτελέσματα των εξετάσεών μας διαπιστώθηκε ότι η θερμή κάπνιση επέφερε αρχικά μια μείωση της φωτεινότητας και του χρώματος της σάρκας των φιλέτων χωρίς δέρμα, σε σχέση με τη νωπή πρώτη ύλη. Στα φιλέτα με δέρμα η μείωση αυτή δεν ήταν και τόσο σημαντική. Το φαινόμενο αυτό, που παρατηρήθηκε και από άλλους ερευνητές^{10,23,24}, οφείλεται στην αφυδάτωση της σάρκας που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και στην εναπόθεση διαφόρων ουσιών οι οποίες δημιουργούνται από τη θερμική διάσπαση των συστατικών του ξύλου παραγωγής του καπνού. Στην τελευταία αιτία οφείλεται και το

γεγονός ότι η φωτεινότητα της εξωτερικής επιφάνειας των φιλέτων που καπνίστηκαν με το δέρμα είχε πολύ υψηλότερη τιμή από τα φιλέτα που καπνίστηκαν χωρίς δέρμα. Το δέρμα προφανώς, ήταν αυτό που απέτρεψε την εναπόθεση των ουσιών του καπνού στη σάρκα, με αποτέλεσμα η μείωση της τιμής L^* να μην είναι τόσο έντονη.

Η αφυδάτωση επίσης που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της κάπνισης προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών κυρίως στις επιφανειακές στιβάδες του προϊόντος, με αποτέλεσμα η τιμή a^* να αυξάνεται σε σύγκριση με την τιμή της νωπής πρώτης ύλης²³. Πράγματι, κατά τη διάρκεια των πειραματισμών μας, αμέσως μετά την κάπνιση η συγκέντρωση της καροτίνης σχεδόν διπλασιάστηκε σε σχέση με αυτή της νωπής πέστροφας. Αύξηση παρατηρήθηκε και στη συγκέντρωση της ρετινόλης. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης, η συγκέντρωση των καροτενίων παρουσίασε μια συνεχή μείωση έως την 45η ημέρα και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερή μέχρι την 120η ημέρα. Αντίθετα, η συγκέντρωση της ρετινόλης παρουσίαζε μια σταθερή μείωση, με μικρή όμως ταχύτητα, μέχρι το τέλος της συντήρησης. Οι ουσίες αυτές μπορούν να οξειδωθούν εύκολα λόγω των πολλαπλών συζυγιακών διπλών δεσμών που υπάρχουν στα μόριά τους^{2,12}. Οι τελικές τους όμως συγκεντρώσεις σε συνδυασμό με την επιφανειακή εναπόθεση των ουσιών του καπνού, φαίνεται ότι ήταν επαρκείς για να σταθεροποιήσουν το χρώμα των καπνιστών φιλέτων με ή χωρίς δέρμα, για τουλάχιστον 120 ημέρες. Πιθανόν, η μικρή ποσότητα νιτρικών αλάτων που προστέθηκαν στην άλμη κατά την επεξεργασία των δειγμάτων, σχημάτισαν χηλικές ενώσεις με το σίδηρο της σάρκας της πέστροφας και επιβράδυναν έτσι την οξείδωση των καροτενοειδών. Οι Ahn et al.^{25,26} υποστηρίζουν ότι ο σχηματισμός των χηλικών ενώσεων αποτελεί έναν από τους σπουδαιότερους παράγοντες που μπορούν να περιορίσουν τις οξειδωτικές εξεργασίες κατά το χρόνο της συντήρησης προϊόντων που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία. Το δέρμα επηρέασε επίσης και την ένταση του ερυθρού τόνου. Έτσι, ενώ στην εσωτερική επιφάνεια η τιμή a^* τόσο στα φιλέτα με δέρμα όσο και σε αυτά χωρίς δέρμα ήταν η ίδια, η εξωτερική επιφάνεια των φιλέτων χωρίς δέρμα είχε σημαντικά μικρότερη τιμή από αυτή των φιλέτων με δέρμα. Το δέρμα προφανώς προστάτευσε τα καροτενοειδή της εξωτερικής επιφάνειας των φιλέτων από την επίδραση του καπνού του φωτός και του οξυγόνου με αποτέλεσμα ο ερυθρός τόνος να παραμείνει σχεδόν αμετάβλητος. Η ένταση του ερυθρού χρώματος πρέπει να διατηρείται επίσης και μετά την επεξεργασία, μέχρι την κατανάλωσή του ετοιμού προϊόντος. Επειδή όμως τα καροτενοειδή είναι ασταθείς ενώσεις και η έκθεσή τους στη θερμότητα, το φως και το οξυγόνο τα οξειδώνει^{9,27}, η σταθερότητά τους πρέπει να διασφαλισθεί με χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης και με τη συσκευασία του προϊόντος υπό κενό ή σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες^{18,28,29}.

Τέλος, η σύσταση του ετοιμού προϊόντος, με μια τιμή διάτμησης 0,6-0,7Kg θεωρήθηκε από τους περισσότερους εξεταστές ως ικανοποιητική. Τα προϊόντα παρουσίασαν την επιθυμητή σκληρότητα, ενώ ταυτόχρονα η επιφανειακή τους αφυδάτωση αφ' ενός μεν δημιούργησε ένα έντονο ευχάριστο χρώμα και αφ' ετέρου απέτρεψε την περαιτέρω απώλεια υγρασίας συμβάλλοντας στη διατήρηση του χυμώδους τους. Φαινόμενα ρηγμάτωσης της σάρκας στην επιφάνεια των φιλέτων ακόμη και αυτών από τα οποία δεν είχε αφαιρεθεί το δέρμα πριν από την επεξεργασία, δεν παρατηρήθηκαν σε κανένα πειραματισμό. Αυτό οφείλεται πιθανόν στη μέση θερμοκρασία που χρησιμοποιήθηκε κατά την κάπνιση, και στο μικρό μέγεθος των φιλέτων, που είχε ως αποτέλεσμα την ομαλότερη διακίνηση του νερού από τις εσωτερικές στιβάδες του προϊόντος προς τις εξωτερικές και από εκεί προς το περιβάλλον. Η απώλεια υγρασίας προχώρησε με σταθερό ρυθμό και η σάρκα διατήρησε έτσι τη συνοχή της. Ο Bhyjan et al.³⁰, αναφέρουν επίσης ότι με τις μέσες θερμοκρασίες (70-80 °C) κάπνισης αποφεύγονται και διάφορες παρεκκλίσεις των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τελικών προϊόντων. Σύμφωνα με τον Lavety³¹, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία της κάπνισης, το φαινόμενο της ρηγμάτωσης μπορεί να εμφανισθεί και σε περιπτώσεις που οι ιχθύες καπνίζονται πολύ νωποί, δηλαδή πριν από την εμφάνιση της νεκρικής ακαμψίας, γεγονός όμως που δεν συνέβη σε κανέναν από τους πειραματισμούς μας. Η φιλετοποίηση λοιπόν των ιχθύων πριν από την αλάτιση και τη θερμή κάπνιση έχει αδιαμφισβήτητη υψηλότερο κόστος παραγωγής και συνδέεται με μεγαλύτερες απώλειες σε πρώτη ύλη. Μειώνει όμως σημαντικά το χρόνο της παραγωγικής διαδικασίας και διασφαλίζει στο έτοιμο προϊόν πολύ καλό χρώμα, υφή και συνοχή και πιθανόν αποτρέπει και την εμφάνιση του φαινομένου της ρηγμάτωσης, επειδή αυτό δεν παρατηρήθηκε σε κανένα από τα παραχθέντα προϊόντα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Skrede G, Storebekken T. Characteristics of color in raw, baked and smoked wild and pen-reader Atlantic salmon. *J. Food Sci.* 1986, 51:804-808
2. Calo P, Velazquez BJ, Sieiro C, Blanco P, Longo E, Villa GT. Analysis of astaxanthin and other carotenoids from several phaffia rhodozyma mutants. *J. Agric. Food Chem.* 1995, 43:1396-1399.
3. Ostrander J, Martinsen C, Liston J, McCullough J. Sensory testing of pen-reader salmon and trout. *J. Food Sci.* 1976, 42: 386-389.
4. Scurman L, Martinsen C, Little AC. The effect of dietary lipid and pigment concentration in the feed of salmo gairdneri on sensory characteristics and objective measurements of the fish muscle tissue. In "Finfish Nutrition and Fishfeed Technology" (Ed.) Halver JE, Tiews K. 1979, p. 401. Heenemann Verlagsgesellschaft mbH, Berlin.
5. Simpson KL. Carotenoid pigments in seafood. In "Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products" (Ed.) Martin RE, Flick GJ, Hebard CE, Ward DR. 1982, p. 115. AVI

Publishing Co, Westport, CT.

6. Khare A, Moss GP, Weedon BCL, Matthews AD. Identification of astaxanthin in Scottish salmon. *Comp. Biochem. Physiol.* 1973, 45B:971-975.
7. Schiedt K, Leuenberger FJ, Veechi M. Natural occurrence of edantimeric and meso-astaxanthin.5.Ex wild salmon (*Salmo salar* and *Oncorhynchus*). *Hevt. Chim. Acta* 1981, 64:449-452.
8. Hong KN, Storebakken T. Color stability of rainbow trout fillets during frozen storage. *J. Food Sci.* 1991, 56:969-984.
9. Ingemansson T, Pettersson T, Kaufmann P. Lipid hydrolysis and oxidation related to astaxanthin content in light and dark muscle of frozen stored rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *J. Food Sci.* 1993, 58:513-517.
10. Skrede G, Risvik E, Huber M, Enersen G, Blumlein L. Developing a color card for raw flesh of astaxanthin-fed salmon. *J. Food Sci.* 1990, 55:361-363.
11. Storebakken T, Foss P, Austrang E, Liaen-Jansen S. Carotenoids in diets for salmonids. Epimerization studies with astaxanthin in Atlantic salmon. *Aquaculture* 1985, 44:259-263.
12. Gobantes J, Choubert G, Laurentie M, Milicua J-C, Gomez G and R. Astaxanthine and canthaxanthine kinetics after ingestion of individual doses by immature rainbow trout *Onchorhynchus mykiss*. *J. Agric. Food Chem.* 1997, 45:454-458.
13. Weber V, Grosch W. Co-oxydation of a carotenoid by the enzyme lipoxygenase. Influence on the formation of linoleic acid hydroperoxydan. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 1976, 161:223-230.
14. Apgar ME, Hultin HO. Lipid peroxydation in fish muscle mocosomes in the frozen state. *Cryobiology* 1982, 19:154-162.
15. Henmi H, Iwata T, Hata M, Hata M. Studies on the carotenoids in the muscle of salmon. I. Intracellular distribution of carotenoids in the muscle. *Tohoky J. Agric. Res.* 1987, 37:101-111.
16. Hemni H, Hata M, Hata M. Astaxanthin and/or canthaxanthin-actomyosin complex in salmon muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1989, 55:1583-1589.
17. Hsieh RJ, Kinsella JE. Oxidation of polyunsaturated fatty acids: Mechanisms, products and inhibition with emphasis on fish. *Adv. Food Nutr. Res.* 1989, 33:286-302.
18. Chen H-M, Meyers SP, Hardy RW, Biede SL. Color stability of astaxanthin pigmented rainbow trout under various packing conditions. *J. Food Sci.* 1984, 49:1337-1340.
19. Varelziz KP, Buck EM. Color stability and sensory attributes of chicken frankfurters made with betalains and potassium sorbate versus sodium nitrite. *J. Food Protection* 1984, 47:41-45.
20. Yang A, Larsen TW, Tune RK. Carotenoid and retinol concentration in serum adipose tissue and liver and carotenoid transport in sheep, goats and cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 1992, 43:1809-1817.
21. Skrede G, Storebekken T. Instrumental color analysis of farmed and wild atlantic Atlantic salmon when raw , baked and smoked. *Aqua Culture* 1986, 53:279-286.
22. Skrede G, Storebekken T. Instrumental color analysis of salmonids. In rapid analysis in food processing and food control. *Proc. 4th Euro Conf. Food Chem.* 1-4 June 1987. Loen, Norway, 2:470-481.
23. Choubert G, Blanc J-M, Courvalin C. Muscle carotenoid content and color of farmed rainbow trout fed astaxanthin or canthaxanthin as affected by cooking and smoked-curing procedures. *J. of Food Sci and Techn.* 1992, 27:277-284.
24. Bjerkeng B, Johnsen G. Frozen storage quality of rainbow trout (*Onchorhynchus mikiss*) as affected by oxygen, illumination and fillet pigment. *J. Food Sci.* 1995, 60:284-288.
25. Ahn DU, Wolfe FM, Sims JS, Kim DH. Packaging cooked turkey meat patties while hot reduce lipid oxidation. *J. Food Sci.* 1992, 57:1075-1077, 1115.
26. Ahn DU, Wolfe FM, Sims JS. Prevention of lipid oxidation in precooked turkey meat patties with hot packaging and antioxidant combination. *J. Food Sci.* 1993, 58:283-287.
27. Davis HK. Fish. In "principles and application of modified atmosphere packaging of food. Ed. Pa RT. Blackie Academic and Professional. London, New York. 1993, p. 208-213.
28. Chen HM, Meyers SP. Extraction of astaxanthin from crawfish waste using a soy oil process. *J. Food Sci.* 1982, 47:892-897.
29. Pozo R, Lavety J, Love RM. The role of dietary a-tocopherol (vitamin E) in stabilising the canthaxanthin and lipids of rainbow trout muscle. *Aquaculture* 1988, 73:165-175.
30. Bhuiyan AKM, Ratnayake WMN, Ackman RG. Stability of lipids and polyunsaturated fatty acids during smoking of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1986, 63:324-328.
31. Lavety J. Gaping in farmed salmon and trout. *H.M.S.O.Dd* 1990, 88:1119-1123.